



Université Mohamed Seddik Ben Yahia – Jijel  
Faculté des Sciences Exactes et Informatique  
Département Physique.



# Physique Médicale

---

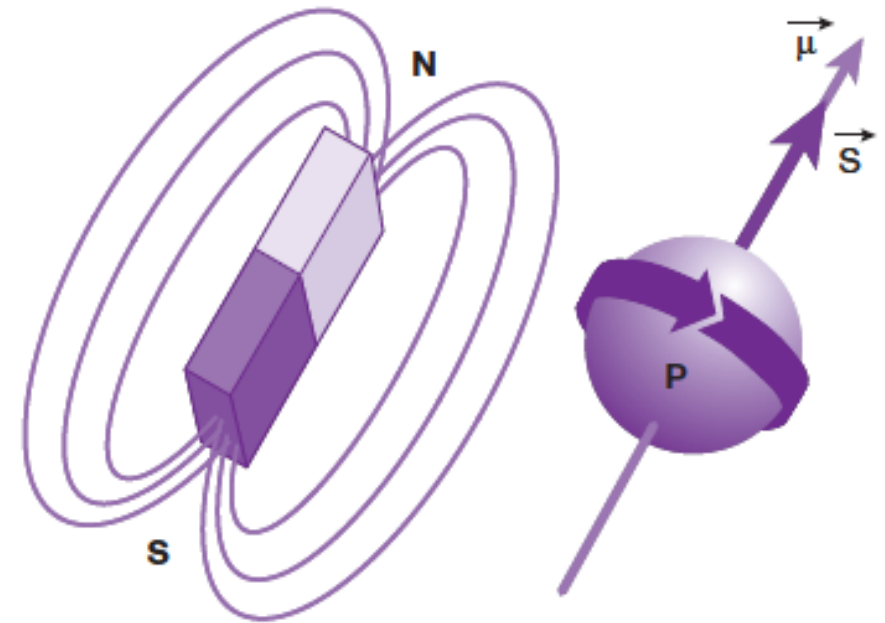
Master : Physique des Rayonnements  
Semestre : S6  
Enseignant : Dr. YAHIAOUI Mohamed Laid

# Imagerie par Résonance Magnétique (IRM)



# La résonance magnétique nucléaire (RMN)

Les noyaux atomiques, comme celui de l'hydrogène (H), possèdent une propriété quantique appelée **spin**. Le spin est une forme de moment magnétique intrinsèque qui fait que les noyaux agissent comme de petits aimants



# Alignement du spin

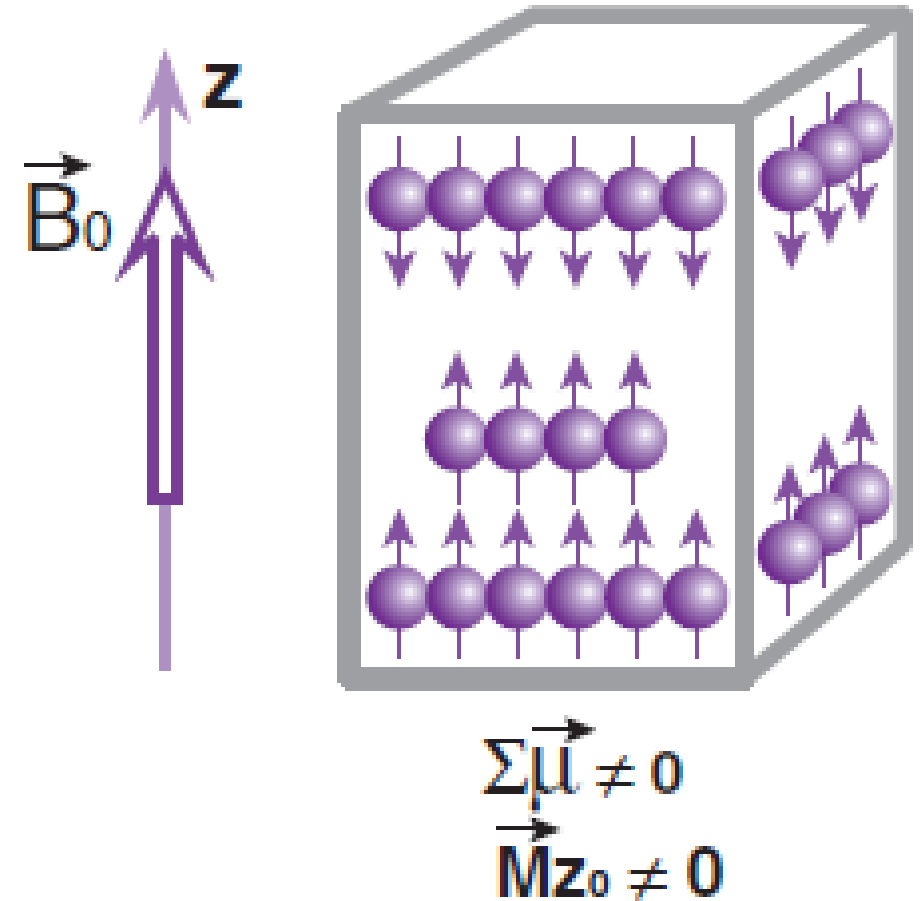
Les spins peuvent être orientés dans différentes directions



# Alignement du spin

Lorsqu'un proton est soumis à un champ magnétique  $B_0$ , ses spins peuvent s'aligner de deux manières :

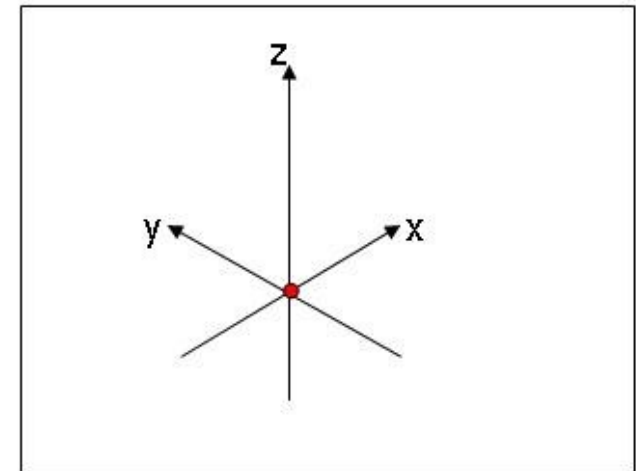
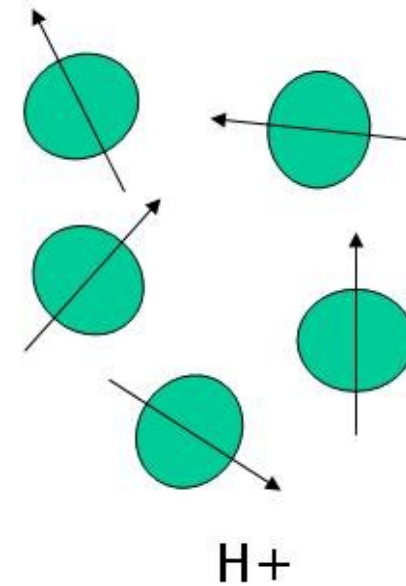
- **Alignement parallèle** (avec le champ, état de basse énergie)
- **Alignement antiparallèle** (contre le champ, état d'excitation)



# Alignement du spin

1. En absence de champ magnétique externe :

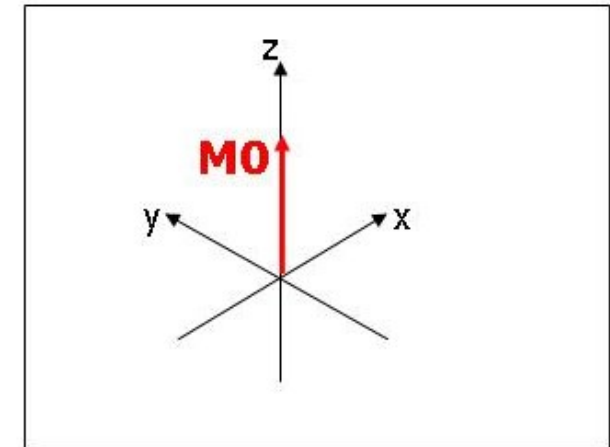
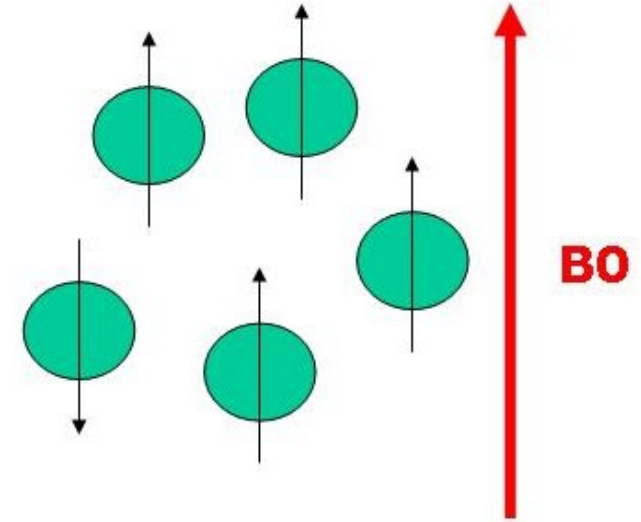
- Les protons sont orientés de manière aléatoire.
- La somme des vecteurs d'aimantation élémentaire est nulle (pas de vecteur d'aimantation macroscopique).



# Alignement du spin

2. En présence d'un champ magnétique externe ( $B_0$ ) :

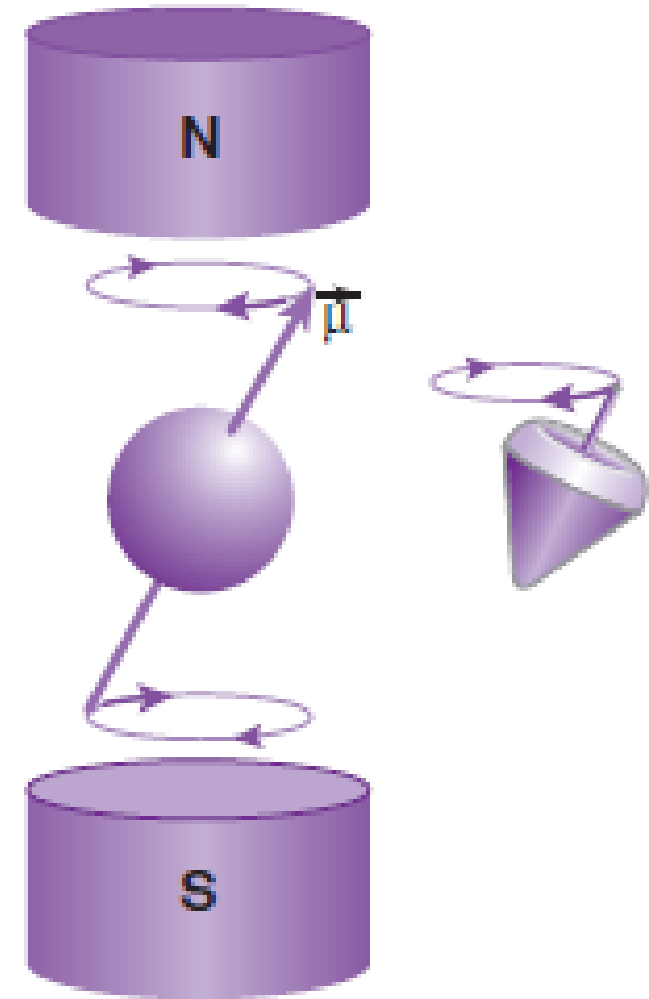
- Les protons s'alignent partiellement avec  $B_0$ , créant un vecteur d'aimantation macroscopique ( $\vec{M_0}$ ) selon Oz.



# Alignement du spin

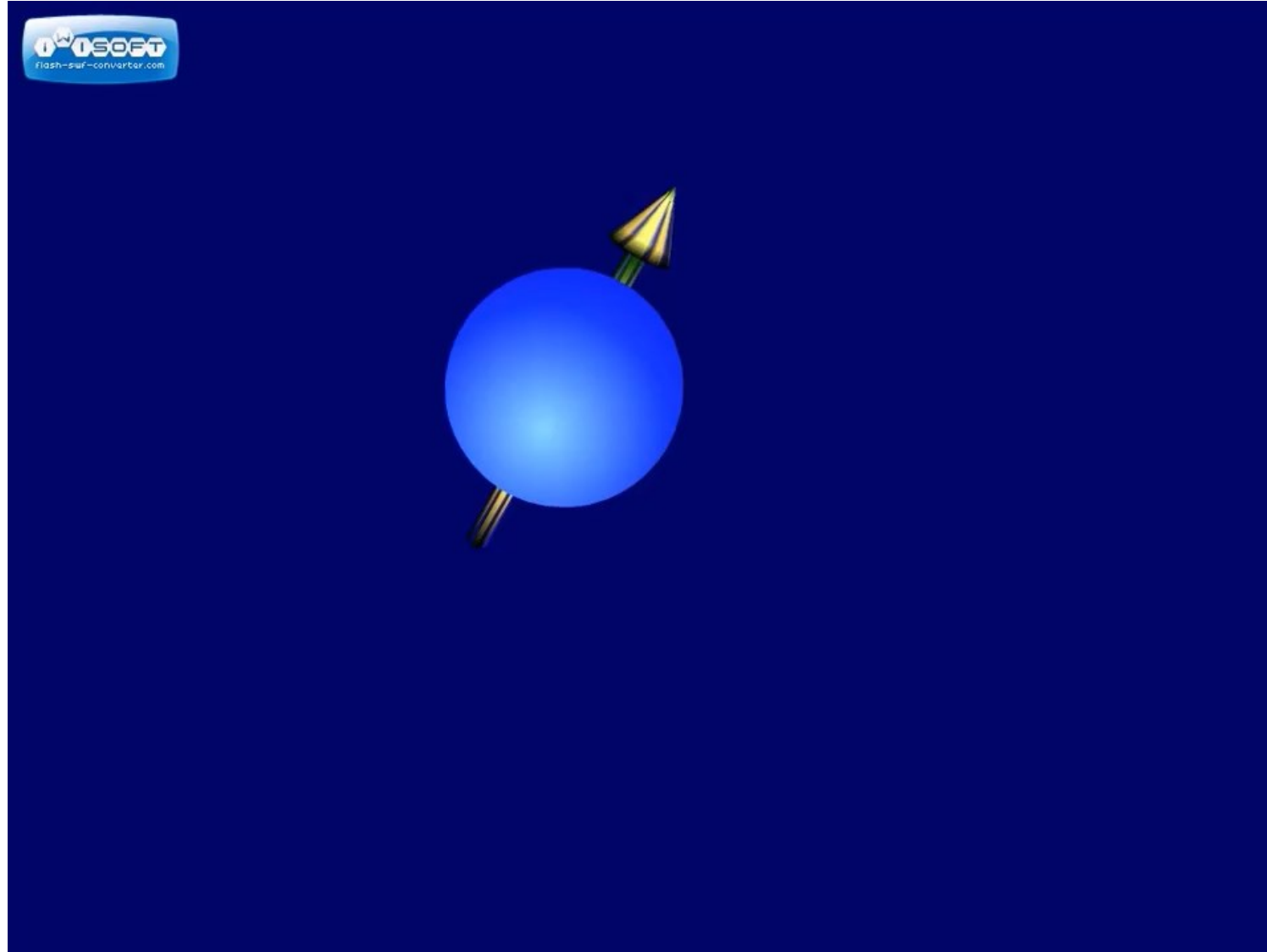
2. En présence d'un champ magnétique externe ( $B_0$ ) :

- Les protons ne s'alignent pas parfaitement mais tournent autour de  $B_0$  avec un angle donné (précession).





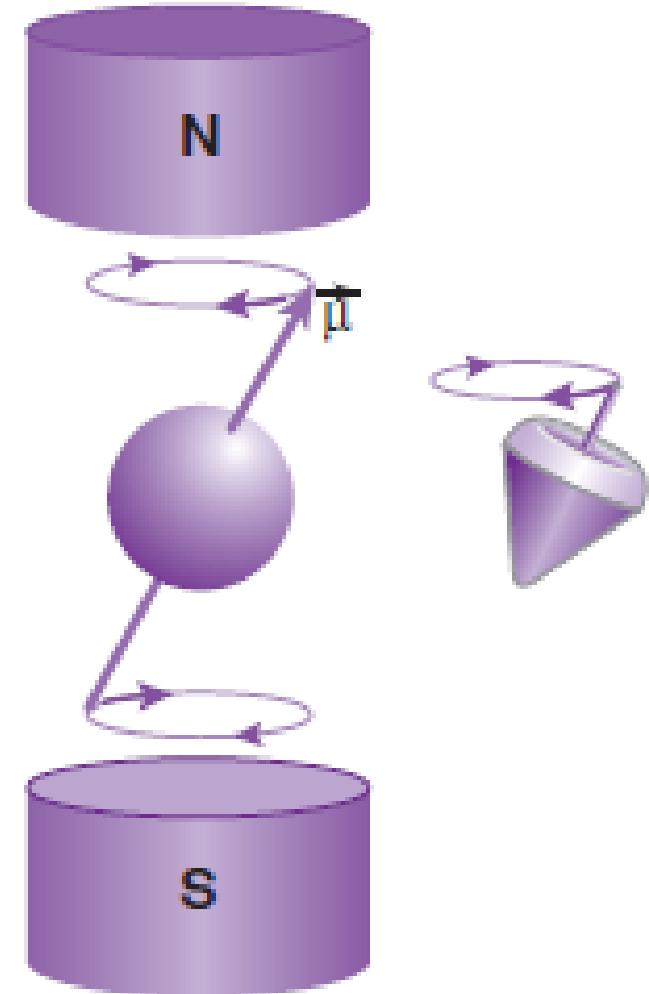
# Précession



# Fréquence angulaire de Larmor ( $\omega_0$ ) :

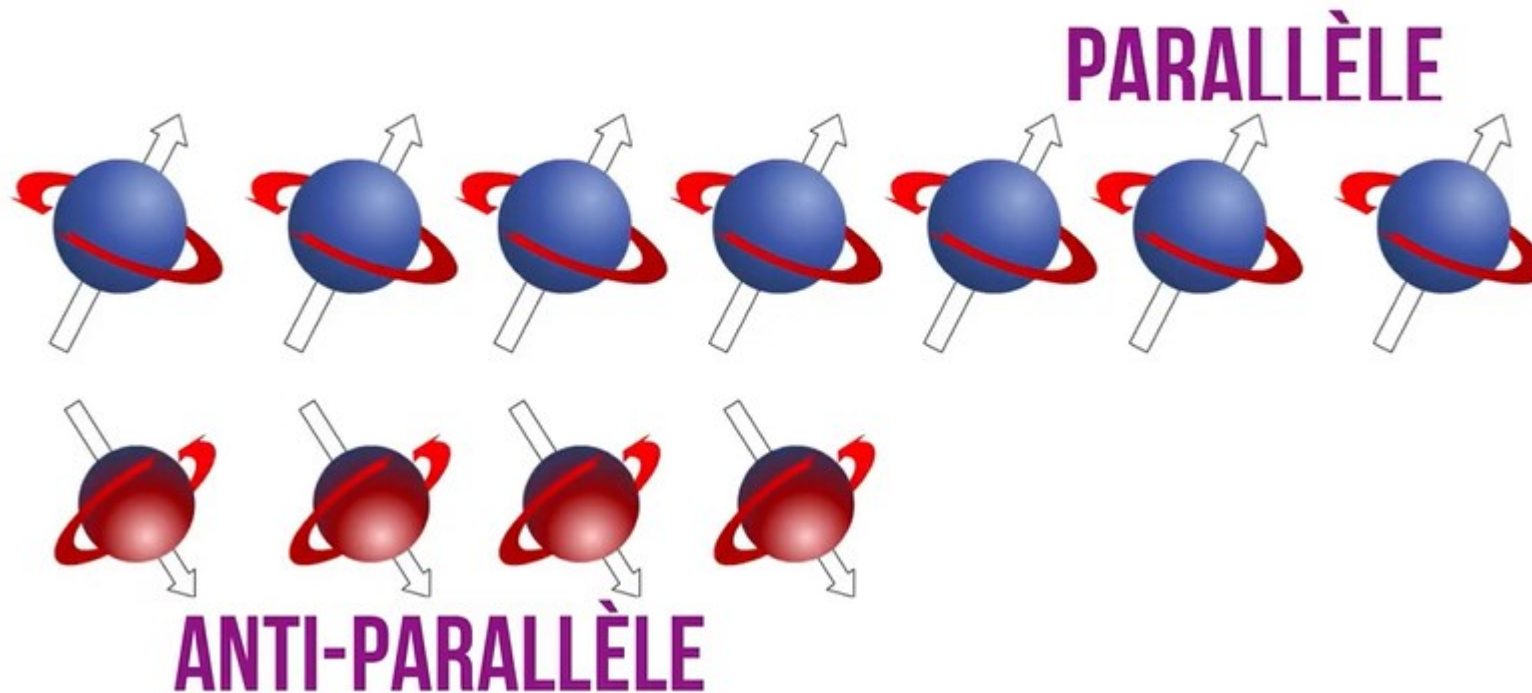
## Fréquence angulaire de Larmor ( $\omega_0$ ) :

- Dépend de  $B_0$  et du rapport gyromagnétique ( $\omega_0 = \gamma B_0$ ).
- Reliée à la fréquence propre par :  $f_0 = \frac{\omega_0}{2\pi}$ .
- Exemple : Pour  $B_0 = 1.5\text{ T}$   $\omega_0$  correspond à une fréquence de Larmor d'environ **63.8 MHz** pour les protons (hydrogène).



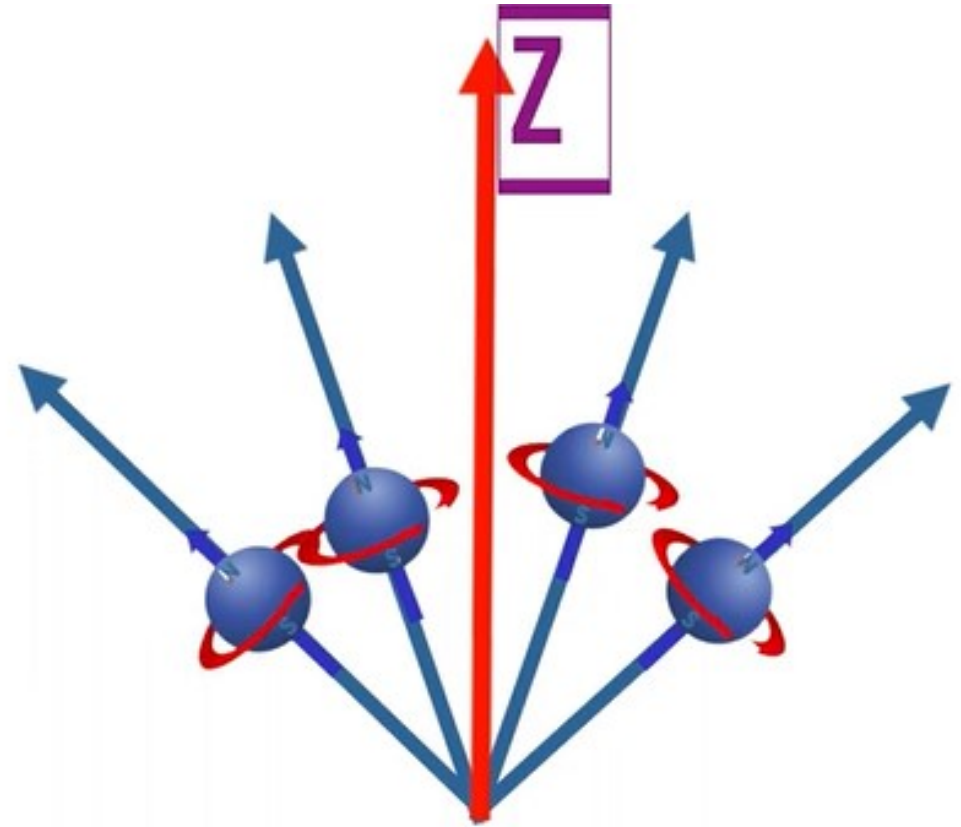
# Vecteur d'aimantation macroscopique ( $\vec{M}$ )

Un léger excès de protons reste dans l'état parallèle (par exemple, 4 protons sur 2 millions), ce qui génère un vecteur d'aimantation macroscopique net aligné avec B0.

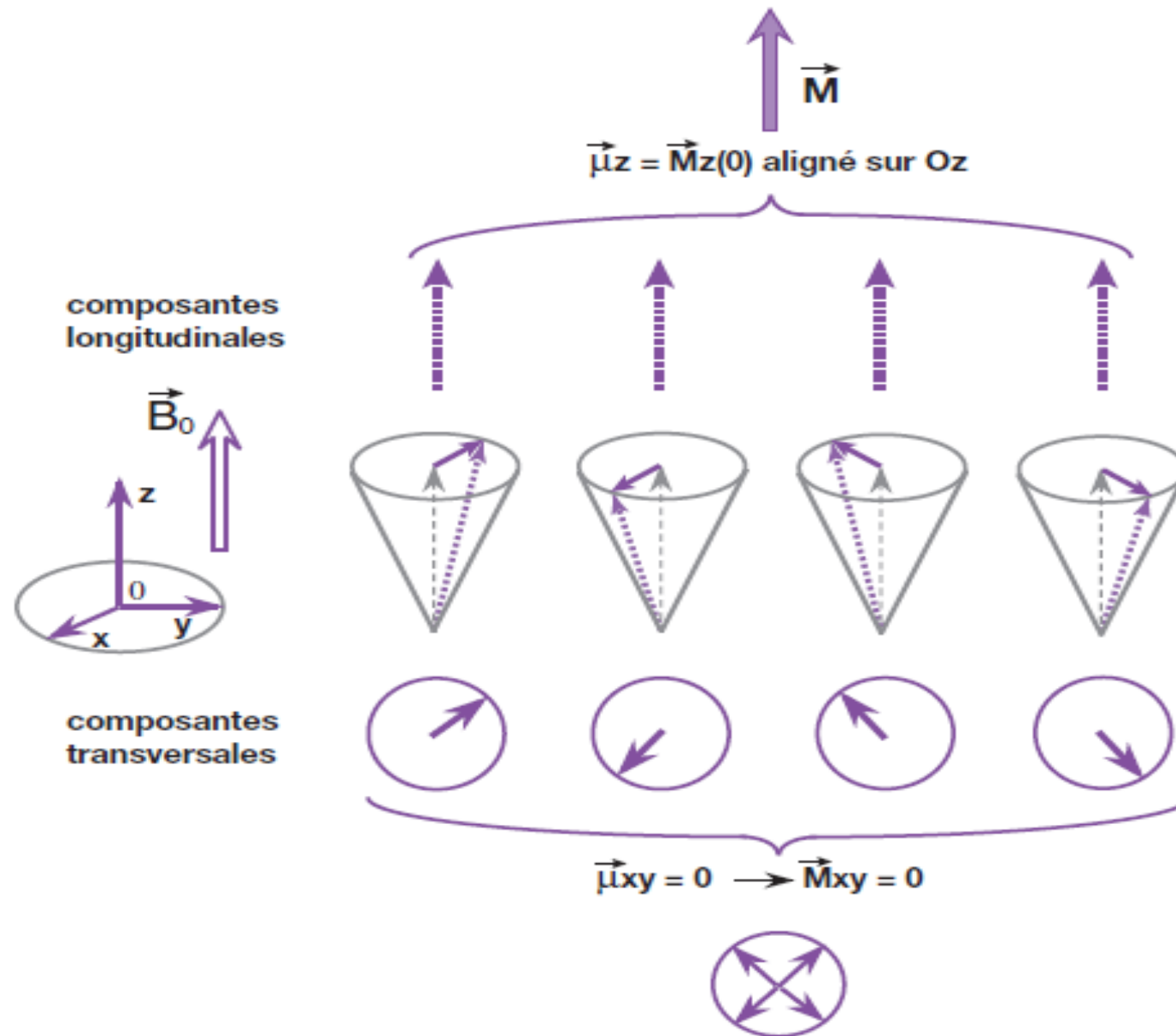


# Vecteur d'aimantation macroscopique ( $\vec{M}$ )

Le surplus de protons alignés parallèlement à  $B_0$  crée une aimantation macroscopique mesurable, notée  $\vec{M}$ . Cette aimantation est orientée le long de l'axe  $Oz$ , qui correspond à la direction du champ  $B_0$ .

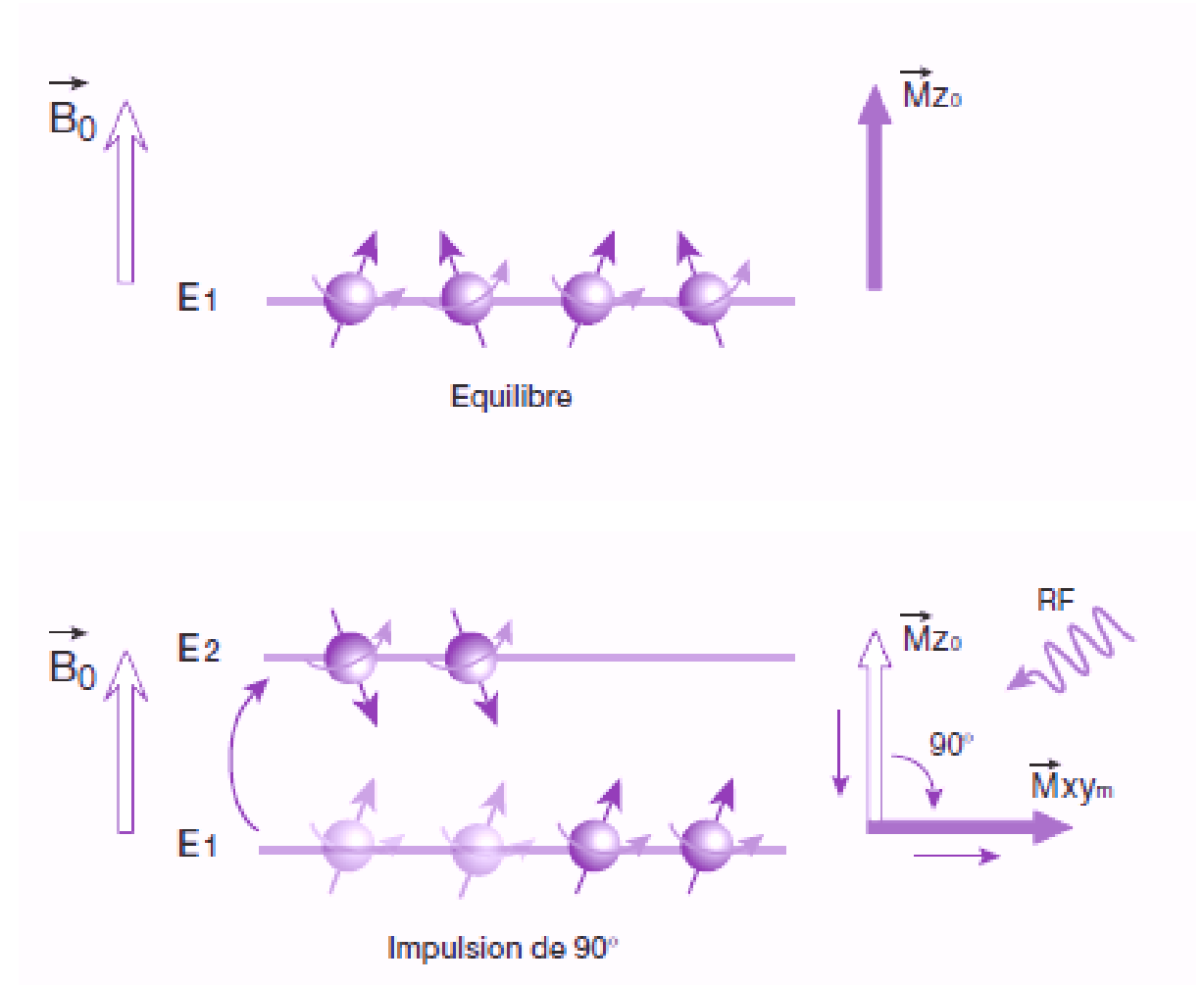


# Vecteur d'aimantation macroscopique ( $\vec{M}$ )

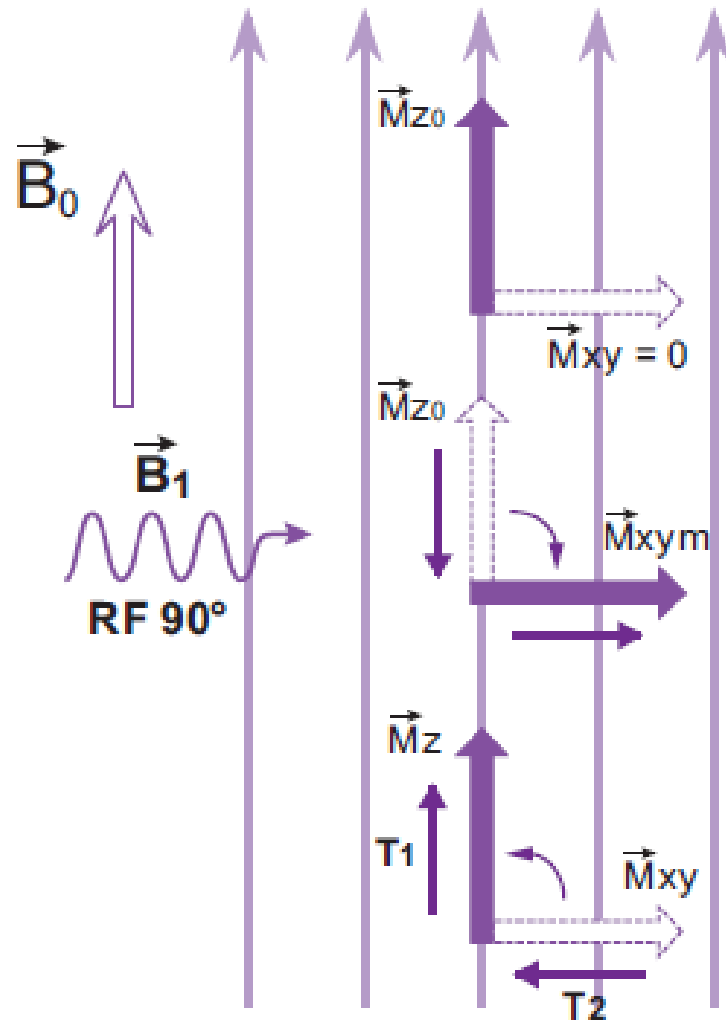


# Perturbation de l'état d'équilibre : le champ B1

Lorsqu'un champ radiofréquence (RF) B1 est appliqué perpendiculairement à B0 à la **fréquence de Larmor**, la composante longitudinale Mz diminue progressivement, tandis qu'une composante transversale Mxy apparaît.



# Retour à l'équilibre : Relaxation des spins



1/ État d'Équilibre

2/ Excitation

transfert  $E_1 \rightarrow E_2$

mise en phase des spins

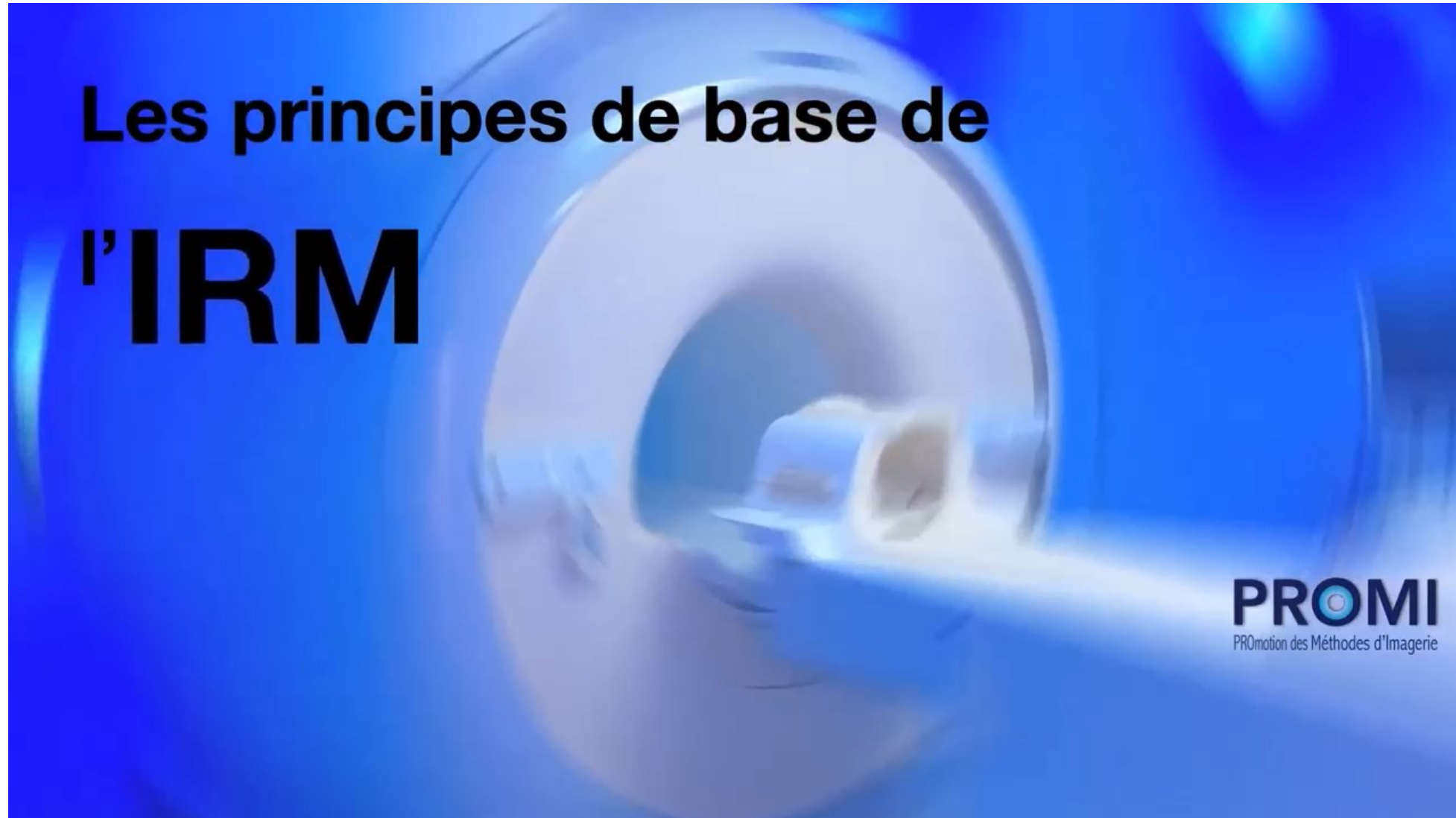
3/ Retour à l'état  
d'équilibre

Relaxation

$T_1$  : transfert  $E_2 \rightarrow E_1$

$T_2$  : déphasage rapide  
des spins

# Principe de l'IRM





# Applications cliniques de l'IRM techniques d'imagerie

- Applications en Neurologie (علم الأعصاب)
  - ✓ Pathologies cérébrales (الأمراض الدماغية)
  - ✓ Pathologies de la moelle épinière (أمراض النخاع الشوكي)
- Applications en Cancérologie (الأورام)
  - ✓ Cancer du sein (سرطان الثدي)
  - ✓ Cancer du foie (سرطان الكبد)
  - ✓ Cancer de la prostate (سرطان البروستاتا)
- Applications en Imagerie Musculosquelettique (التصوير العضلي الهيكلي)
  - ✓ Pathologies articulaires (أمراض المفاصل)
  - ✓ Lésions des ligaments et tendons (إصابات الأربطة والأوتار)

